

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Sara Pecirep

UTJECAJ EKONOMSKIH ČIMBENIKA NA IZBOR
PARAMETARA LETA ZRAKOPLOVA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Planiranje letenja i performanse I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3622

Pristupnik: **Sara Pecirep (0135229686)**
Studij: **Aeronautika**
Smjer: **Pilot**
Usmjerenje: **Civilni pilot**

Zadatak: **Utjecaj ekonomskih čimbenika na izbor parametara leta zrakoplova**

Opis zadatka:

Uvod.

Objasniti parametre za indikaciju troškova eksploatacije. Navesti i objasniti utjecajne veličine i njihov učinak na ukupne troškove.

Odabir optimalnog indikatora troškova za zrakoplov u različitim režimima leta. Izračun parametara leta zrakoplova s obzirom na odabrani indikator troškova.

Zaključak.

Zadatak uručen pristupniku: 21. ožujka 2016.

Mentor:



mr. sc. Davor Franjković, v. pred.

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

UTJECAJ EKONOMSKIH ČIMBENIKA NA IZBOR PARAMETARA LETA ZRAKOPLOVA

IMPACT OF ECONOMIC FACTORS ON THE CHOICE OF AIRCRAFT FLIGHT PARAMETERS

Mentor: mr. sc. Davor Franjković

Student: Sara Pecirep
JMBAG: 0135229686

Zagreb, srpanj 2016.

SAŽETAK

Analizom ekonomskih čimbenika koji utječu na poslovanje zrakoplovne kompanije određuje se vrijednost indeksa troškova za svaku planiranu rutu. Parametri leta zrakoplova mijenjaju se promjenom vrijednosti indeksa troškova što je rezultat promjene cijena goriva i vremenski ovisnih troškova. Indeks troškova utječe na potrošnju goriva, brzinu zrakoplova i na njegove performanse. Postupak izračuna indeksa troškova i njegov utjecaj prikazan je na redovnim linijama *Croatia Airlinesa*.

Utjecaj ekonomskih čimbenika na izbor parametara leta vidljiv je u svim režimima leta. Njihov utjecaj prikazan je u režimu penjanja, spuštanja i krstarenja. Cijena goriva je jedan od važnijih čimbenika koji utječe na izbor parametara leta zrakoplova. Analiziran je utjecaj cijene goriva za dva ista leta u 2015. i 2016. godini.

KLJUČNE RIJEČI: indeks troškova; vremenski ovisni troškovi; cijena goriva; parametri leta; brzina leta.

SUMMARY

Analysis of the economic factors affecting the business of the airline determines the value of the cost index of each planned route. The parameters of the flight change as the value of the cost index change as a result of changes in fuel prices and time-related costs. The cost index affects fuel consumption, the speed of the aircraft and its performances. The procedure for calculating the cost index is shown for Croatia Airlines regular flights.

The impact of the economic factors on the choice of flight parameters is shown in all flight regimes. There is shown the influence in climb, descent and cruise. Fuel price is one of the most important factors that influence the choice of the aircraft flight parameters. There is analysed the influence of fuel prices for the same two flights in 2015 and 2016.

KEYWORDS: cost index; time-related costs; fuel costs; flight parameters; flight speed.

SADRŽAJ

1.UVOD	1
2.DEFINICIJA INDEKSA TROŠKOVA	3
2.1. UKUPNI PUTNI TROŠKOVI	4
2.2. DINAMIČKI INDEKS TROŠKOVA.....	6
3.ODREĐIVANJE INDEKSA TROŠKOVA.....	10
3.1. UKUPNI PUTNI TROŠKOVI KAO FUNKCIJA INDEKSA TROŠKOVA	15
3.2. TABLICE INDEKSA TROŠKOVA	16
4.UTJECAJ INDEKSA TROŠKOVA NA PENJANJE ZRAKOPLOVA.....	18
5.UTJECAJ INDEKSA TROŠKOVA NA SPUŠTANJE ZRAKOPLOVA	21
6.UTJECAJ INDEKSA TROŠKOVA NA KRSTARENJE	24
6.1. OPTIMALNA RAZINA LETA	28
6.2. IZMJENA INDEKSA TROŠKOVA TIJEKOM LETA.....	29
7.ANALIZA PARAMETARA LETA S OBZIROM NA PROMJENE CIJENA GORIVA.....	31
8.ZAKLJUČAK.....	35
POPIS LITERATURE.....	36
POPIS ILUSTRACIJA	37
POPIS GRAFIKONA.....	38
POPIS TABLICA.....	39

1. UVOD

Stalno povećanje konkurencije i porast broja niskotarifnih zračnih prijevoznika potaknula je prijevoznike na optimizaciju troškova, kako bi ostvarili veći prihod i bili konkurentniji na tržištu. Zračni prijevoznici daju veliku pažnju izračunu indeksa troškova, kako bi što ekonomičnije iskoristili resurse, u svrhu optimizacije troškova letenja.

Pojavom zrakoplovnog sustava upravljanja letom počinje se koristiti indeks troškova koji izravno utječe na parametre leta. Zračnim prijevoznicima omogućena je analiza troškova leta u odnosu na vrijeme trajanja leta. Ovisno o trenutačnoj cijeni goriva zračni prijevoznik za svaki tip zrakoplova izračunava optimalnu vrijednost indeksa troškova. Indeks troškova predstavlja omjer vremenski ovisnih troškova i troškova goriva, odnosno omjer različitih ekonomskih čimbenika koji utječu na let zrakoplova.

Cilj ovog rada je prikazati značaj indeksa troškova na ukupne troškove, utjecaj ekonomskih čimbenika na izračun indeksa troškova i utjecaj na parametre leta u režimu penjanja, spuštanja i krstarenja. Naslov završnog rada je: **Utjecaj ekonomskih čimbenika na izbor parametara leta zrakoplova**. Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Definicija indeksa troškova
3. Određivanje indeksa troškova
4. Utjecaj indeksa troškova na penjanje zrakoplova
5. Utjecaj indeksa troškova na spuštanje zrakoplova
6. Utjecaj indeksa troškova na krstarenje
7. Analiza parametara leta s obzirom na promjene cijena goriva
8. Zaključak

U drugom poglavlju definiran je indeks troškova, kao i ukupni putni trošak zrakoplova. Ukupni putni trošak je suma fiksnih i promjenjivih troškova (troškovi ovisni o vremenu, troškovi goriva). Dinamički indeks troškova, koji je također opisan u ovom poglavlju, je projekt Europske organizacije za sigurnost zračne plovidbe.

Način određivanja indeksa troškova kao i mogućnost primjene tablica vidljiv je u poglavlju tri. U ovom poglavlju opisan je utjecaj vrijednosti indeksa troškova na ukupne putne troškove. U radu je prikazan izračun indeksa troškova za let OU 410 (Zagreb – Frankfurt), te je iz tog razloga kroz cijeli rad kao primjer opisivani zrakoplov *Airbus A320*.

Indeks troškova utječe na parametre leta zrakoplova u svim režimima leta. U poglavlju četiri opisan je utjecaj indeksa troškova na penjanje. Iz priloženih tablica vidljivo je kako promjene u vrijednosti indeksa troškova utječu na potrošnju goriva, vrijeme leta, prijeđenu udaljenost u odnosu na zemlju i brzinu zrakoplova.

U poglavlju pet opisan je utjecaj indeksa troškova na parametre leta u režimu spuštanja. Kao i u prethodnom poglavlju iz priloženih tablica i grafikona vidljiv je utjecaj promjene vrijednosti indeksa troškova na parametre leta.

Uticaj indeksa troškova u režimu krstarenja najbolje je prikazati promjenom brzine krstarenja. U poglavlju šest opisan je utjecaj indeksa troškova pri zadanoj masi zrakoplova, te utjecaj na brzinu pri konstantnoj razini leta.

Analiza parametara leta s obzirom na promjene cijena goriva nalazi se u poglavlju sedam. U analizi su korišteni podaci dobiveni na letovima OU 410 (Zagreb – Frankfurt) i OU 417 (Frankfurt – Zagreb) u 2015. i 2016. godini, zračnog prijevoznika *Croatia Airlinesa*.

2. DEFINICIJA INDEKSA TROŠKOVA

U okruženju u kojem zrakoplovne kompanije posluju, djeluje niz čimbenika i sila koji utječu na tržište kompanije, što između ostalog utječe i na izbor parametara leta zrakoplova. Ekonomske čimbenike možemo promatrati na mikrorazini (čimbenici iz neposredne okoline koji utječu na konkurentsku sposobnost) i makrorazini (šire društvene sile koje utječu na sve činitelje u mikrookruženju).¹

Utjecaj navedenih ekonomskih čimbenika na izbor parametara leta zrakoplova uočava se promjenom indeksa troškova. Indeks troškova (*CI – Cost Index*) je omjer vremenski ovisnih troškova (C_T) izraženih u minutama leta i troškova goriva (C_F) izraženih u kilogramima.²

$$CI = \frac{C_T}{C_F}$$

Indeks troškova doprinosi ekonomičnosti korištenja resursa zračnih prijevoznika. Postoje velike varijacije u načinu korištenja indeksa troškova između pojedinih zračnih prijevoznika, a neki od načina su:

- ➔ primjena indeksa troškova kao aproksimacija režima leta za LRC (*Long Range Cruise*),
- ➔ primjena indeksa troškova kao kompromis između LRC i MRC (*Maximum Range Cruise*),
- ➔ primjena većeg indeksa troškova u svrhu planiranja leta ne uzimajući u obzir potrošnju goriva
- ➔ varijacije indeksa troškova prema cijenama goriva bez obzira na potrebno vrijeme leta,
- ➔ primjena indeksa troškova kao aproksimacija režima leta za LRC, isključujući indeks troškova vrijednosti 0 za dio rute gdje let uz minimalnu potrošnju goriva nije preporučljiv,
- ➔ vrijednost indeksa troškova koja rezultira brzinom krstarenja između MRC i LRC,

¹ Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 453

² Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 10

- ➔ vrijednost indeksa troškova koja rezultira brzinom krstarenja ne znatno ispod LRC,
- ➔ primjena indeksa troškova u cilju ispunjenja planiranog rasporeda svake rute posebno,
- ➔ primjena indeksa troškova za svaku rutu posebno uzimajući u obzir samo cijene goriva.³

2.1. UKUPNI PUTNI TROŠKOVI

Ukupni putni troškovi (C – *trip cost*) su suma fiksnih i promjenjivih troškova,

$$C = C_F \cdot \Delta F + C_T \cdot \Delta T + C_C$$

gdje su: C_F → troškovi goriva po kilogramu,

ΔF → ukupna količina goriva potrebna za obavljanje leta,

C_T → troškovi vremena po minuti leta,

ΔT → ukupno vrijeme leta (blok sati),

C_C → fiksni troškovi neovisni o vremenu.

Za smanjenje ukupnih putnih troškova potrebno je smanjiti promjenjive troškove ($C_F \cdot \Delta F + C_T \cdot \Delta T$). Najmanji putni trošak moguće je postići letenjem putnom brzinom koja optimalno odmjerava vremenski ovisne troškove i trošak goriva.⁴

VREMENSKI OVISNI TROŠKOVI

Vremenski ovisni troškovi su svi troškovi zrakoplovne kompanije koji su izravno ovisni o vremenu leta i održavanja zrakoplova isključujući trošak goriva. Izraženi su u EUR/min leta ili US\$/min leta, a najvećim dijelom predstavljaju sumu troškova:

- ➔ tekućeg održavanja zrakoplova, te velikih održavanja i osiguranja,

³ Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str. 9

⁴ Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str.5

- ➔ letačkog i kabinskog osoblja,
- ➔ marginalnih i *leasing* troškova.⁵

Najveći dio vremenski ovisnih troškova čine troškovi održavanja i troškovi letačkog i kabinskog osoblja. Zrakoplovne kompanije samostalno, na temelju preporuka proizvođača, utvrđuju operativne uvjete i program održavanja zrakoplova.⁶ Vrijeme leta utječe i na troškove letačkog i kabinskog osoblja s fiksnom plaćom. Smanjenje vremena leta može dovesti do veće učinkovitosti i iskoristivosti posade, te time smanjiti broj dodatno zaposlenih. Utjecaj tzv. marginalnih i *leasing* troškova na ukupne troškove vremena povećava se u slučaju da je zrakoplov unajmljen ili se otplata zrakoplova vrši na višemjesečne rate.

TROŠKOVI GORIVA

Cijena goriva može znatno varirati u određenim razdobljima godine, te između pojedinih sektora letenja. Za određeni redovni let unutar sektora letenja moguće je cijenu goriva promatrati kao fiksnu veličinu, a izražava se u EUR/kg goriva ili US\$/kg goriva. Smanjenje troškova goriva postiže se smanjenjem brzine leta, odnosno manjom potrošnjom goriva. Osnovni uzroci prevelike potrošnje goriva su:

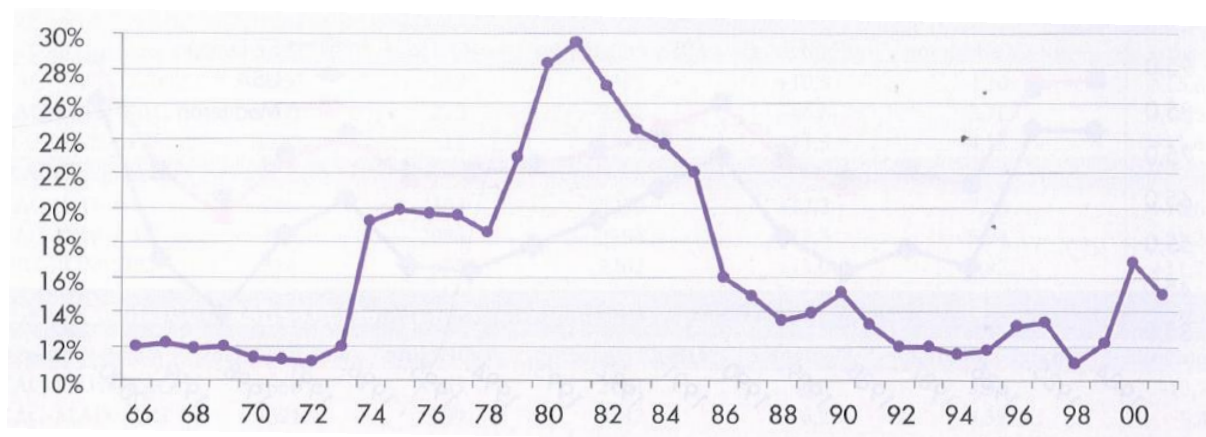
- ➔ prevelika masa zrakoplova,
- ➔ neprecizno izračunavanje mase zrakoplova,
- ➔ nepotrebna potrošnja goriva na zemlji,
- ➔ pretjerano korištenje goriva zbog načina pilotiranja,
- ➔ kupovina goriva na manje povoljnim tržištima,
- ➔ prevelika potrošnja goriva zbog neispravnosti zrakoplova,
- ➔ nepravilna primjena indeksa troškova.⁷

⁵ Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 11

⁶ Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 445 i 446

⁷ Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 12

Troškovi goriva zrakoplovne kompanije u odnosu na ukupne operative troškove u razdoblju od 1966. do 2001. godine prikazani su na grafikonu 1.



Grafikon 1: Udio troškova goriva u ukupnim operativnim troškovima od 1966. do 2001. godine

Izvor: [1]

Grafikon 1 upućuje na krizna razdoblja od 1974. do 1978., od 1979. do 1985. i 2000. godina. Navedena razdoblja se podudaraju s pojavama gubitaka zrakoplovnih kompanija u redovnom prijevozu, što ukazuje na povezanost navedenih indikatora poslovanja.⁸

2.2. DINAMIČKI INDEKS TROŠKOVA

Analizom ukupnih troškova leta zrakoplova uočeno je znatno povećanje troškova vremena i troškova goriva prilikom kašnjenja zrakoplova. Prema podacima Europske organizacija za sigurnost zračne plovidbe (*Eurocontrol*) trošak zrakoplovnih kompanija po minuti kašnjenja je od 39,4 do 48,6 EUR.⁹ Kao rješenje za kompenzaciju troškova kašnjenja *Eurocontrol* je predstavio je projekt dinamičkog indeksa troškova.

⁸ Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 384 i 385

⁹ Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 178

Dinamički indeks troškova (*Dynamic Cost Index – DCI*) je pojam koji označava generički indeks troškova kod kojega se primjenjuju modificirane metode izračuna vrijednosti indeksa troškova. Rezultat modificirane metode izračuna indeksa troškova je optimalan izračun vrijednosti indeksa troškova na dnevnoj bazi, te specificirani indeks troškova za određenu rutu.

Pretvaranje standardnog indeksa troškova u dinamički indeks troškova omogućeno je implementacijom novih matematičkih metoda procjene, prognoziranja i izračuna troškova kašnjenja. Pri izračunu dinamičkog indeksa troškova potrebno je uzeti u obzir tri parametra:

- ➔ performanse zrakoplova,
- ➔ troškove zračnog prijevoznika,
- ➔ procedure u zračnom prometu.¹⁰

PERFORMANSE ZRAKOPLOVA

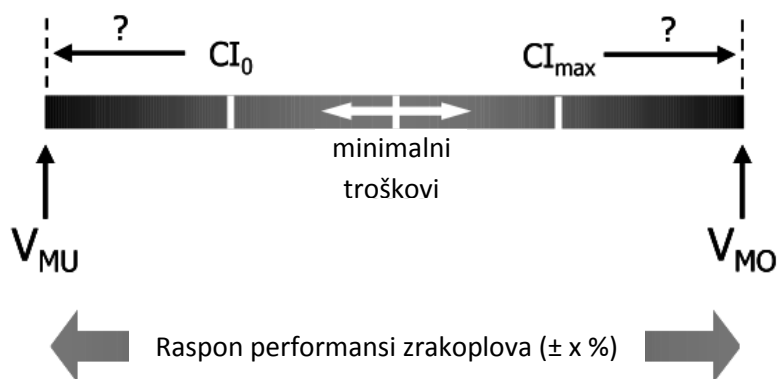
Minimalni troškovi nekog zrakoplova tijekom leta ostvaruju se letom između Cl_0 i Cl_{MAX} . Pitanje je kako raspon između Cl_0 i Cl_{MAX} odgovara rasponu performansi zrakoplova. Taj raspon je definiran brzinama V_{MU} (*Minimum Unstick speed*) i V_{MO} (*Maximum Operating speed*) (slika 1).¹¹ V_{MU} je minimalna brzina pri kojoj zrakoplov može sigurno poletjeti, a demonstrirana je za sve kombinacije težine, potiska i konfiguracije zrakoplova.¹² V_{MO} je brzina koja se ne smije dosegnuti niti u jednom režimu leta (penjanje, krstarenje i spuštanje). Za zrakoplov A320-200 V_{MO} je 350 kn (IAS).¹³

¹⁰ Cook, A., Tanner, G., Williams, V., Meise, G.: *Dynamic Cost Indexing*, 6th EUROCONTROL Innovative Research Workshops & Exhibition, 4 – 6 December 2007., EUROCONTROL Experimental Centre, Brétigny sur Orge, France, 2007., str. 3

¹¹ Cook, A., Tanner, G., Williams, V., Meise, G.: *Dynamic Cost Indexing*, 6th EUROCONTROL Innovative Research Workshops & Exhibition, 4 – 6 December 2007., EUROCONTROL Experimental Centre, Brétigny sur Orge, France, 2007., str. 5

¹² Oxford Aviation Academy (UK): *ATPL Ground Training Series – Flight Performance & Planning I*, fourth edition, Transair, Shoreham, England, 2008., str. 121

¹³ Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with aircraft performance*, Customer Services, Blagnac, France, January 2002., str.31



Slika 1: Raspon performansi zrakoplova između Cl_0 i Cl_{MAX}

Izvor: [4]

S ciljem postavke dinamičkog indeksa troškova nužno je uzeti u obzir raspon performansi pri promjenama brzina tijekom krstarenja na određenim visinama. U praksi brzina koja se koristi pri planiranju leta s Cl_0 je najčešće nešto iznad brzine V_{MU} (jer je V_{MU} nestabilna brzina za operacije, posebice prilikom turbulencija), a pri Cl_{MAX} je najčešće nešto ispod V_{MO} (jer pri letu s V_{MO} potrošnja goriva vrlo velika, a brzina ne prati povećanje potrošnje).¹⁴

TROŠKOVI ZRAČNOG PRIJEVOZNIKA

Stručne analize ostvarenog operativnog profita svih sudionika avioindustrije upozoravaju na nezavidan i neravnopravan položaj zračnog prijevoznika. Zaključci se svode na činjenicu da redovni prijevoznici ne mogu u potpunosti pokriti sve troškove.

Kašnjenje dovodi do dodatnih troškova zračnih prijevoznika kao što su troškovi vezani za zračnu luku, troškovi posade, troškovi prihvata i otpreme robe, te putnički troškovi.¹⁵ Putnički troškovi se mogu podijeliti u tri kategorije:

1. veći troškovi zračnog prijevoznika (kao što su troškovi ponovne rezervacije i troškovi naknade),

¹⁴ Cook, A., Tanner, G., Williams, V., Meise, G.: *Dynamic Cost Indexing*, 6th EUROCONTROL Innovative Research Workshops & Exhibition, 4 – 6 December 2007., EUROCONTROL Experimental Centre, Brétigny sur Orge, France, 2007., str. 5

¹⁵ Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 399 i 400

2. srednji troškovi zračnog prijevoznika (poput gubitka tržišnog udjela zbog nezadovoljstva putnika),
3. troškovi koje snosi putnik, a ne prenose se na zračne prijevoznike (npr. potencijalni gubitak posla zbog kašnjenja na sastanak, djelomičan gubitak društvene aktivnosti).¹⁶

PROCEDURE U ZRAČNOM PROMETU

Procedure u zračnom prometu su unaprijed definirani načini leta koji osiguravaju precizan, standardiziran i siguran let. Dinamički indeks troškova nastoji uskladiti brzinu leta kako bi dolazak na destinaciju bio unutar ekonomično usklađenog vremena.¹⁷

Područje Europe jedno je od najzasićenijih opsegom zračnog prometa. Kada bi se intraeuropski zračni koridori unutar SES (*Single European Sky*) sustava održavali s jednakom efikasnošću kao i domaći zračni promet unutar pojedinih europskih država, procjenjuje se da bi godišnja ušteda bila od 150 do 300 milijuna eura.¹⁸

¹⁶ Cook, A., Tanner, G., Williams, V., Meise, G.: *Dynamic Cost Indexing*, 6th EUROCONTROL Innovative Research Workshops & Exhibition, 4 – 6 December 2007., EUROCONTROL Experimental Centre, Brétigny sur Orge, France, 2007., str. 5

¹⁷ Cook, A., Tanner, G., Williams, V., Meise, G.: *Dynamic Cost Indexing*, 6th EUROCONTROL Innovative Research Workshops & Exhibition, 4 – 6 December 2007., EUROCONTROL Experimental Centre, Brétigny sur Orge, France, 2007., str. 4

¹⁸ Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 113 i

3. ODREĐIVANJE INDEKSA TROŠKOVA

Vrijednost indeksa troškova (*CI*) određuje se složenom i preciznom prometno-ekonomskom analizom svih vrsta postojećih troškova i to za svaku pojedinu rutu u standardnim uvjetima atmosfere.¹⁹

Indeks troškova koristi se u zrakoplovnom sustavu upravljanja letom (*Flight Management System – FMS*). Maksimalne vrijednosti indeksa troškova variraju ovisno o tipu FMS-a. Uobičajeni raspon je od 0 do 99 (*Smiths*) ili od 0 do 999 (*Honeywell*) za zrakoplove *Airbus*.²⁰ S druge strane *Boeing* koristi različite načine izražavanja vrijednosti indeksa troškova ovisno o modelu zrakoplova (tablica 1).

Tablica 1: Vrijednosti indeksa troškova za modele zrakoplova Boeing

Model zrakoplova Boeing	737-300	737-600	747-400	757	767	777
	737-400	737-700				
	737-500	737-800				
		737-900				
Raspon vrijednosti indeksa troškova	0 – 200	0 – 500	0 – 9999	0 – 999 ili 0 – 9999	0 – 999 ili 0 – 9999	0 – 9999

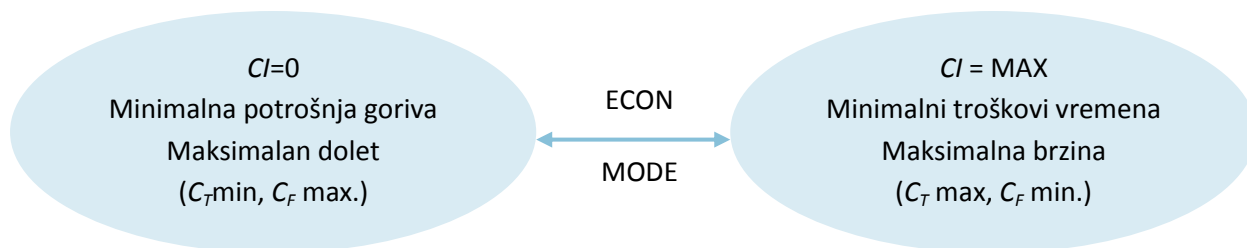
Izvor: [7]

Najniže vrijednosti indeksa troškova omogućavaju minimalnu potrošnju goriva i maksimalni dolet. Veće vrijednosti indeksa troškova uzrokuju da FMS pruži minimalno vrijeme leta, ali poveća potrošnju goriva. Mjerne jedinice za indeks troškova su kg/min leta, odnosno 100 lb/h leta.²¹ Grafički prikaz odnosa parametara indeksa troškova pri minimalnim i maksimalnim vrijednostima vidljiv je na slici 2.

¹⁹ Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 389

²⁰ Cook, A., Tanner, G., Williams, V., Meise, G.: *Dynamic Cost Indexing*, 6th EUROCONTROL Innovative Research Workshops & Exhibition, 4 – 6 December 2007., EUROCONTROL Experimental Centre, Brétigny sur Orge, France, 2007., str. 1

²¹ Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str. 7



Slika 2: Grafički prikaz parametara indeksa troškova u ekstremnim slučajevima

Izvor: [3]

Analiza ekstremnih slučajeva indeksa troškova:

1. Minimalni indeks troškova $CI=0$

Kada su troškovi ovisni o vremenu niski, a suprotno tome troškovi goriva visoki, indeks troškova će biti minimalan. Potrošnja goriva je minimalna, što znači da će i putna brzina biti manja. Pri letu s minimalnim indeksom troškova moguće je ostvariti maksimalni dolet (MRC). Minimalni indeks troškova koristi se u situacijama kada je cijena goriva iznimno visoka što uvelike utječe na ukupne troškove leta.

2. Maksimalni indeks troškova $CI=MAX$

Suprotno od minimalnog indeksa troškova, maksimalni indeks troškova je rezultat visokih troškova ovisnih o vremenu, te niskih troškova goriva. Kada su troškovi po minuti trajanja leta visoki potrebno je smanjiti vrijeme trajanja leta, što znači povećati putnu brzinu. Povećanjem putne brzine, povećava se i potrošnja goriva, ali ne utječe znatno na ukupne troškove jer je trošak goriva relativno nizak.²²

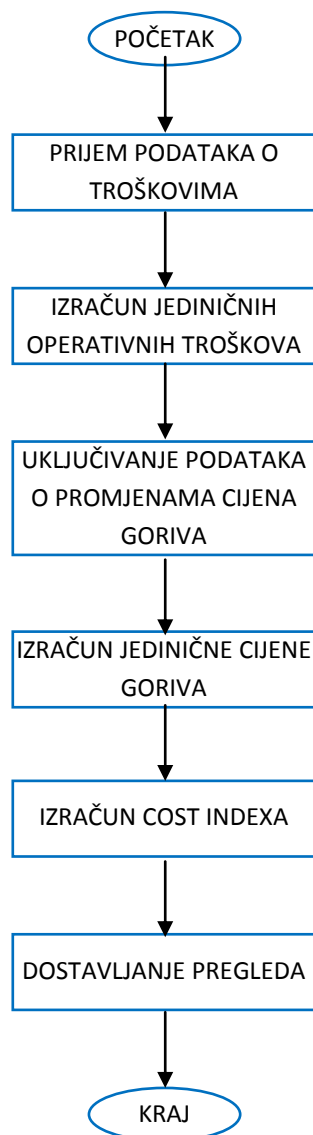
Zračni prijevoznici izdaju postupke za izradu indeksa troškova za sve planirane rute. Svrha postupaka izrade indeksa troškova je određivanje tijeka podataka i aktivnosti, te opis metode i potrebnih operacija pri njihovom izračunu. Kao primjer uzet je postupak koji primjenjuje *Croatia Airlines*. Proces primjene indeksa troškova obuhvaća određene aktivnosti (slika 3) koje se odvijaju u sljedećim organizacijskim jedinicama:

- ✈ Službi kontrolinga,
- ✈ Odjelu nabave goriva,

²² Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str. 6 i 7

- ✈ Operativnom inženjeringu,
- ✈ Operativnom centru²³.

Operativni troškovi vezani uz vrijeme se dijele brojem realiziranih minuta leta da bi se dobili jedinični troškovi po minuti leta za svaki tip zrakoplova (A319 i A320 za *Croatia Airlines*) i rutu. Indeks troškova se u *Croatia Airlinesu* izrađuje samo za redovne letove i stoga se koriste podaci koji se odnose na destinacije na kojima kompanija redovito prometuje.²⁴



Slika 3: Dijagram postupka izrade indeksa troškova

Izvor: [8]

²³ Croatia Airlines: *Izrada cost indexa PO-KIR-012*, Croatia Airlines, Zagreb, 2013., str. 5

²⁴ Croatia Airlines: *Izrada cost indexa PO-KIR-012*, Croatia Airlines, Zagreb, 2013., str. 5

Odjel nabave goriva ažurira podatke o cijenama goriva na destinacijama u skladu s dinamikom promjene cijena goriva prema ugovorima s dobavljačima te šalje podatke specijalistima poslova mrežnog kontrolinga, koji modificiraju tablicu „Pregled cijena mlaznog goriva“. Temeljem ulaznih podataka izračunavaju se trenutačno važeće vrijednosti indeksa troškova i vrijede do izdavanja novog „Pregleda cijena mlaznog goriva“. Ažurirani indeks troškova po dionicama ulaze u pregled „Cost index na redovitim letovima CTN-a“ (slika 4). Popis planiranih dionica za koje se izrađuje indeks troškova se sastavlja za svaku sezonu.²⁵

CROATIA AIRLINES
Controlling

09.06.15.

COST INDEX na letovima CTN-a / COST INDEX on CTN flights

	cijena goriva fuel price [EUR/kg]	COST INDEX A319	COST INDEX A320
Domaći promet / Domestic traffic			
iz / from			
ZAG	0.61	31	34
SPU	0.61	31	34
DBV	0.62	30	33
PUY	0.61	31	34
ZAD	0.61	31	34
Međunarodni promet / International traffic			
iz Hrvatske / from Croatia			
iz / from			
ZAG	0.61	31	34
SPU	0.61	31	34
DBV	0.62	30	33

Slika 4: Pregled vrijednosti indeksa troškova na letovima *Croatia Airlinesa*

Izvor: *Croatia Airlines*, Služba kontrolinga

Prikazani popis vrijednosti indeksa troškova na letovima CTN-a je za period od 9.6. 2015. godine, te je isti bio valjan i na dan 12. 6. 2015. godine na letu OU 410 (Zagreb – Frankfurt). Iz priloženog popisa može se uočiti da je vrijednost indeksa troškova za zrakoplov A320 bila 34 s obzirom na cijenu goriva u Zagrebu (0,61 EUR/kg). Sve podatke o letu, kao i

²⁵ Croatia Airlines: *Izrada cost indexa PO-KIR-012*, Croatia Airlines, Zagreb, 2013., str. 5 i 6

zadane vrijednosti indeksa troškova, piloti dobiju u operativnom planu leta (*Operational Flight Plan – OFP*) iz kojeg potrebne podatke neposredno prije leta unesu u FMS. Na slici 5 je prikazan OFP za let OU 410 (Zagreb – Frankfurt) na kojem je vidljiva zadana vrijednost indeksa troškova 34.

OU 410/12 JUN/ZAG-FRA										Page 1
[OFP]										
OFP	OU410/12	12JUN	LDZA/	ZAG	EDDF/	FRA	ELEVATION	328		
7	9ACTJ	(100.0)	0540/0550	0659/0715				FMS		
		EST	0540/0550	0706/0722				COST INDEX	34	
		CTOT	09:00:00					ROUTE	MCT/R	
ATS C/S	CTN410	28.1	ACT	09:00:00					TTL DIST	484
									SPEED	ECON
	LOAD	ZFW	ADDFU	LW	TOW			AVGE FF	2415	
EST	6080	49738	150L	MAL	64500	73500			AVGE WC	M006
PLN	6080	49738	150L	PLN	53231	56276				
ACT	.....	48.6	.....	.....	56.4			TKOF ALTN	.....
FLIGHT PLAN ROUTE										
-LDZA/05 F380 OBUTI2H OBUTI M19 RATGO UM19 GRZ DCT SUBEN T161										
NENUM/F320 T161 GIMAX/F240 T161 PSA PSA2M EDDF/07R										

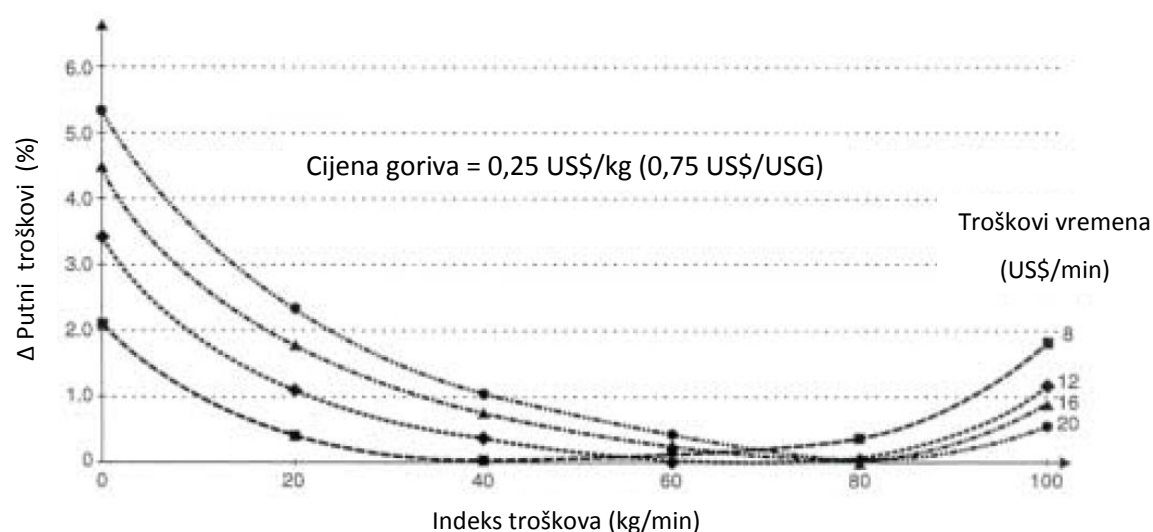
Slika 5: Operativni plan leta za let OU 410 (Zagreb – Frankfurt) na dan 12. 6. 2015.

Izvor: Croatia Airlines

3.1. UKUPNI PUTNI TROŠKOVI KAO FUNKCIJA INDEKSA TROŠKOVA

Neprecizno izračunati troškovi goriva i vremena rezultirat će pogrešnim izračunom indeksa troškova, a samim tim i ukupnog putnog troška. Primjena optimalnog indeksa troškova doprinosi smanjenju ukupnog putnog troška.²⁶ Analizirane su dvije situacije promjene ukupnih troškova za zrakoplov *Airbus A320*:

1. Ovisnost ukupnih troškova i indeksa troškova pri fiksnoj cijeni goriva (grafikon 2).



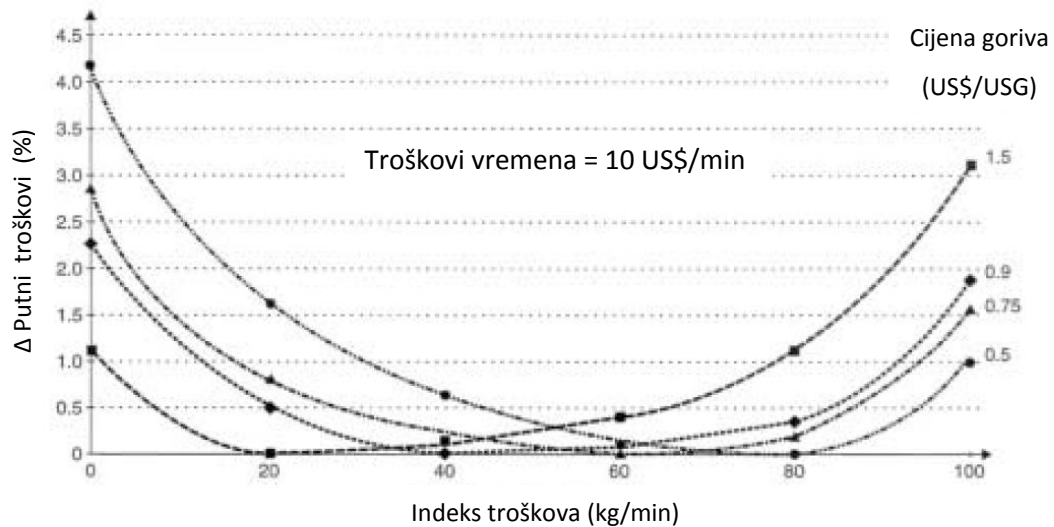
Grafikon 2: Funkcija ukupnih troškova i indeksa troškova pri fiksnoj cijeni goriva za zrakoplov A320

Izvor: [3]

Da bi se smanjio ukupni putni trošak potrebno je koristiti povećane vrijednosti indeksa troškova što će dovesti do povećanja brzine. Povećanjem brzine smanjuju se troškovi ovisni o vremenu. Odstupanje od optimalnog indeksa troškova rezultirat će dodatnim putnim troškovima. Pogrešan izračun od 5 US\$/min leta vremenski ovisnih troškova utječe na pogreške u vrijednosti indeksa troškova od ± 20 . Pogreške u indeksu troškova utječu na povećanje ukupnih putnih troškova za 1 – 2 % što rezultira nepotrebnim gubicima koji utječu na produktivnost zračnih prijevoznika.

²⁶Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 17 i 18

2. Ovisnost ukupnih troškova i indeksa troškova pri fiksnim troškovima vremena (grafikon 3).



Grafikon 3: Funkcija ukupnih troškova i indeksa troškova pri fiksnim troškovima vremena za zrakoplov A320

Izvor: [3]

Ukupni putni trošak potrebno je smanjiti koristeći smanjene vrijednosti indeksa troškova, koji će utjecati na smanjenje brzine leta. Smanjenjem brzine leta povećavaju se troškovi ovisni o vremenu, a smanjuju troškovi goriva. Promjena cijene goriva za 0,25 US\$/USG može rezultirati povećanjem ukupnih putnih troškova za 1 % ako se primjeni nepravilna vrijednost indeksa troškova.²⁷

3.2. TABLICE INDEKSA TROŠKOVA

Postoje dva načina određivanja prosječne vrijednosti indeksa troškova:

1. indeks troškova dijeli se u skupine nizak, srednji i visok, te svrstava u tablice kao rezultat analize troškova na određenim rutama zrakoplova,

²⁷ Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str. od 15 do 18

2. izrada indeksa troškova za svaki tip zrakoplova kao i za svaku rutu posebno uzimajući u obzir operativne prioritete i ekonomske mogućnosti zračnog prijevoznika.²⁸

Iako se preporučuje izračun indeksa troškova za svaku rutu posebno, moguće je podjelom troškova na niske, srednje i visoke izraditi tablice indeksa troškova. Tablice se razlikuju ovisno o tipu zrakoplova i odnosu troškova vremena i troškova goriva pojedinog zračnog prijevoznika. Kao primjer uzeta je tablica indeksa troškova (kg/min) za zrakoplove iz obitelji A320 (tablica 2).²⁹

Tablica 2: Indeks troškova za zrakoplove A319/A321 (kg/min)

Troškovi vremena (US\$/min) Troškovi goriva (US\$/USG)	Niski <10	Srednji 10 – 15	Visoki >15
Niski <0,7	40	60	80
Srednji 0,7 – 0,9	30	45	60
Visoki >0,9	25	40	50

Izvor: [3]

U tablici je vidljivo da optimalna vrijednost indeksa troškova u slučaju niskih troškova goriva (manji od 0,7 US\$/USG) i visokih vremenski ovisnih troškova (veći od 15 US\$/min) iznosi 80, te je veća od ostalih slučajeva prikazanih u tablici.

²⁸ Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 24

²⁹ Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 21

4. UTJECAJ INDEKSA TROŠKOVA NA PENJANJE ZRAKOPLOVA

Ekonomičnost određenog leta postiže se kvalitetnim planiranjem leta. Vertikalno planiranje leta je podijeljeno u osam faza leta:

- ➔ početna faza,
- ➔ polijetanje,
- ➔ penjanje,
- ➔ krstarenje,
- ➔ spuštanje,
- ➔ prilaženje,
- ➔ *go-around* faza,
- ➔ završna faza leta.

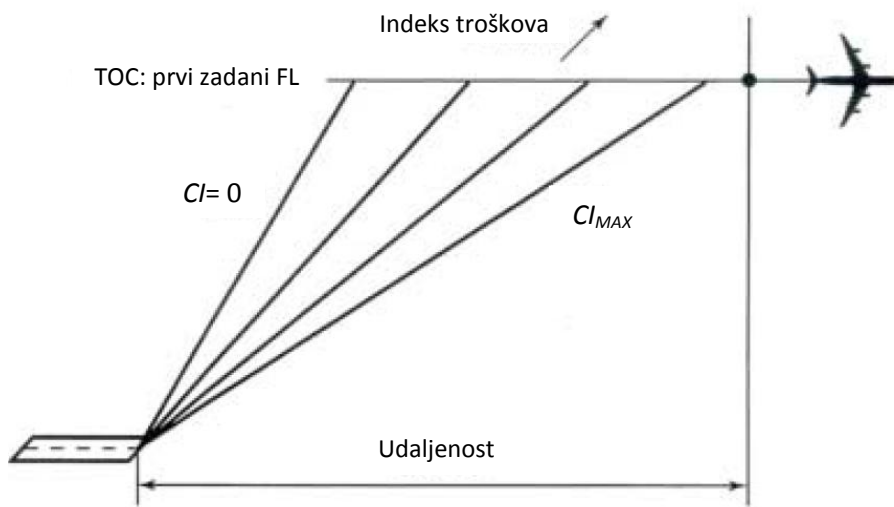
Svaka od ovih faza leta, osim početne i završne, određena je visinom i brzinom leta. Za svaku od njih FMGC (*Flight Management Guidance Computer*) izračunava optimalnu (ECON) brzinu leta koja je funkcija:

- ➔ indeksa troškova,
- ➔ razine krstarenja,
- ➔ mase zrakoplova bez goriva (*Zero Fuel Weight - ZFW*),
- ➔ pozicije težišta pri ZFW,
- ➔ *block fuel* (količina goriva za namjeravani let i gorivo potrebno za taksiranje),
- ➔ performansi zrakoplova.³⁰

Završetkom faze polijetanja počinje faza penjanja koja traje do početka krstarenja. Optimalna (ECON) brzina u fazi penjanja je brzina kod koje su minimizirani troškovi penjanja za određeni indeks troškova i težinu zrakoplova. Osim utjecaja indeksa troškova i

³⁰ Airbus: A318/A319/A320/A321 *Flight crew operating manual*, Airbus S.A.S. Customer Services Directorate, Blagnac, France, 2012., str.DSC-22_20-30-20-05 P 4/8

su promjena temperature i komponenta vjetra.³¹



Slika 6: Profil penjanja zrakoplova pri različitim vrijednostima indeksa troškova

Izvor: [3]

Primjenom manjih vrijednosti indeksa troškova brzina penjanja je manja, a gradijent penjanja veći. Rezultat toga je kraća udaljenost do zadane razine leta (*Top of Climb – TOC*).³² Profil penjanja s povećanim indeksom troškova je manje strm. Brzina penjanja u tom slučaju je veća dok je gradijent penjanja manji, a zadana razina leta je udaljenija.

³¹ Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 389

³² Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 49

U tablici 3 prikazani su parametri penjanja s promjenom indeksa troškova do razine leta (*Flight Level - FL*) FL330 u uvjetima standardne atmosfere, bez vjetra za zrakoplov *Airbus A320*.

Tablica 3: Utjecaj indeksa troškova na parametre penjanja za zrakoplov A320

MODEL ZRAKOPLOVA (Masa u polijetanju)	INDEKS TROŠKOVA (kg/min)	GORIVO (kg)	VRIJEME (min)	UDALJENOST (NM)	MACH / CAS	VERTIKALNA BRZINA NA TOC(ft/min)
A320 CFM 56 (75 000kg)	0	1757	22,4	150	.765/308	584
	20	1838	23,1	159	.779/321	566
	40	1897	23,7	165	.783/333	550
	60	1980	24,7	175	.791/340	506
	80	2044	25,6	183	.791/340	461
	100	2080	26,1	187	.800/340	439

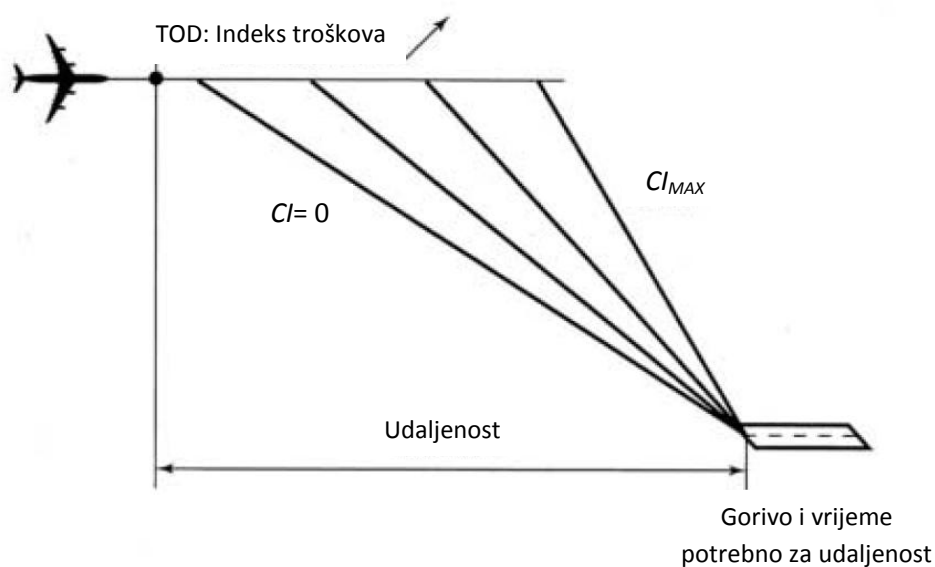
Izvor: [3]

Vidljivo je da se povećanjem indeksa troškova povećava potrošnja goriva, vrijeme i prijeđena udaljenost u odnosu na zemlju tijekom penjanja. Navedene vrijednosti snažno variraju s promjenom mase zrakoplova, temperature, vjetra i sl. Penjanje s niskim vrijednostima indeksa troškova provodi se pri letu u gustom prometu ili ako tako zatraži kontrola zračne plovidbe jer je potrebno što prije dostići zadanu razinu leta.³³

³³Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 50

5. UTJECAJ INDEKSA TROŠKOVA NA SPUŠTANJE ZRAKOPLOVA

Spuštanje ili poniranje je faza leta tijekom koje zrakoplov smanjuje visinu leta, a traje do faze prilaženja. Utjecaj indeksa troškova na profil spuštanja zrakoplova vidljiv je na slici 7.³⁴



Slika 7: Profil spuštanja zrakoplova pri različitim vrijednostima indeksa troškova

Izvor: [3]

Iz prikazanog profila spuštanja primjećuje se da s povećanjem indeksa troškova:

- ➔ profil spuštanja je strmiji,
- ➔ brzina poniranja se povećava,
- ➔ prijeđena udaljenost u odnosu na zemlju je manja,
- ➔ najviša točka kod poniranja je udaljenija.

³⁴ Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str. 51

U tablici 4 prikazane su promjene parametara spuštanja (gorivo, vrijeme, udaljenost i brzina) od FL370 za zrakoplov A320 pri promjeni vrijednosti indeksa troškova u uvjetima standardne atmosfere, bez vjetra.

Tablica 4: Utjecaj indeksa troškova na parametre spuštanja za zrakoplov A320

MODEL ZRAKOPLOVA (Masa u polijetanju)	INDEKS TROŠKOVA (kg/min)	GORIVO (kg)	VRIJEME (min)	UDALJENOST (NM)	MACH / CAS
A320 CFM 56 (75 000kg)	0	138	19	105	.764/252
	20	125	17	99	.779/278
	40	112	14,9	90	.786/311
	60	137	14,6	92	.796/339
	80	142	14,6	92	.800/342

Izvor: [3]

Kada je indeks troškova jednak nuli brzina spuštanja je manja te je zbog toga vrijeme spuštanja duže. S povećanjem indeksa troškova, vrijeme spuštanja je manje, ali je vrijeme u fazi krstarenja duže što rezultira većom ukupnom potrošnjom goriva.

Analizirajući let OU 410 (Zagreb – Frankfurt) preko FMS-a se uočava utjecaj ekonomskih čimbenika izraženih pomoću indeksa troškova na brzinu leta u fazi spuštanja (slika 8).



a)

b)

Slika 8: Prikaz brzine zrakoplova na upravljačkoj jedinici FMS sustava za vrijednost indeksa troškova: a) CI = 34 i b) CI = 14

Brzina u modu ECON pri vrijednosti indeksa troškova 34, na visini FL310 iznosila je 0,79 Macha. Smanjenjem indeksa troškova na 14 brzina se smanjila na 0,78 Macha. Vidljivo je da zrakoplov na ovom letu, zbog proceduralnih razloga, leti selektiranom brzinom od 0,81 Macha.

6. UTJECAJ INDEKSA TROŠKOVA NA KRSTARENJE

Zrakoplovni sustav upravljanja letom određuje optimalnu brzinu krstarenja uzimajući u obzir podatke o težini zrakoplova, razini leta, meteorološkim uvjetima i indeksu troškova. Ovisnost troškova u krstarenju može se prikazati funkcijom troškova u krstarenju:

$$ECCF = \frac{CI + FF}{GS}$$

gdje je: ECCF – *Economy Cruise Cost Function* (lb/NM),
CI – indeks troškova (*Cost Index*),
FF – potrošnja goriva (*Fuel Flow*),
GS – brzina zrakoplova u odnosu na zemlju (*Ground Speed*).

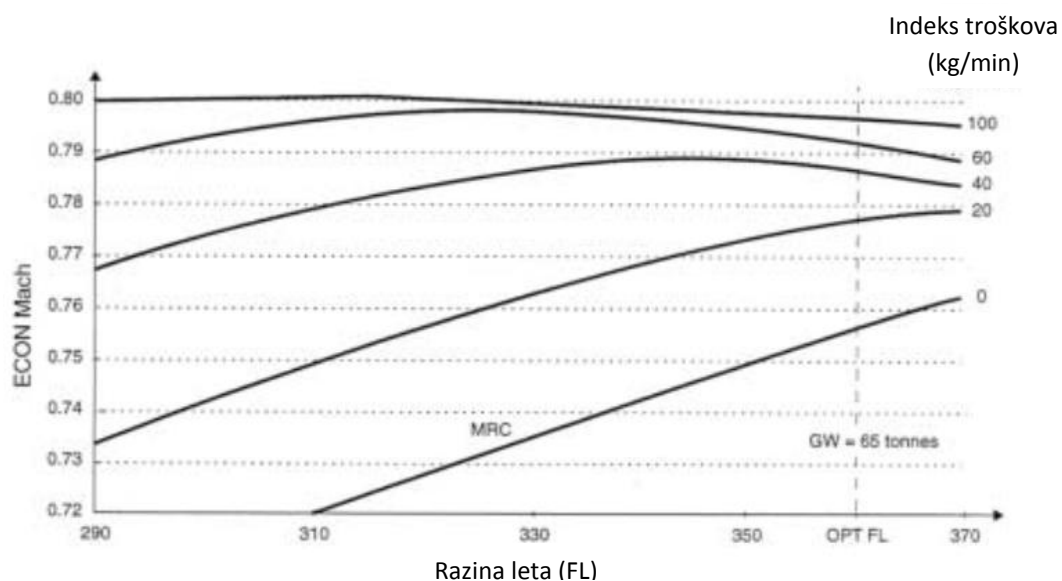
Optimalna brzina krstarenja (ECON) je ona brzina pri kojoj je funkcija ECCF minimalna. Kada je vrijednost indeksa troškova jednaka nuli optimalna brzina u krstarenju je ona pri kojoj je potrošnja goriva minimalna, odnosno brzina pri kojoj se ostvaruje maksimalni dolet (MRC). Povećanjem vrijednosti indeksa troškova povećava se brzina leta, vrijeme leta je manje, što utječe na povećanje funkcije ECCF. Optimalna brzina leta je ona brzina pri kojoj su ukupni troškovi minimalni. Pri odabranome indeksu troškova brzina u krstarenju (ECON MACH) raste s povećanjem mase zrakoplova i/ili povećanjem razine leta.³⁵

Utjecaj indeksa troškova prikazan je za dva slučaja:

1. pri zadanoj masi zrakoplova,
2. pri konstantnoj razini leta

³⁵ Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str.38

Na grafikonu 4 je prikazan utjecaj indeksa troškova na brzinu krstarenja pri zadanoj masi zrakoplova (*Gross Weight – GW*).

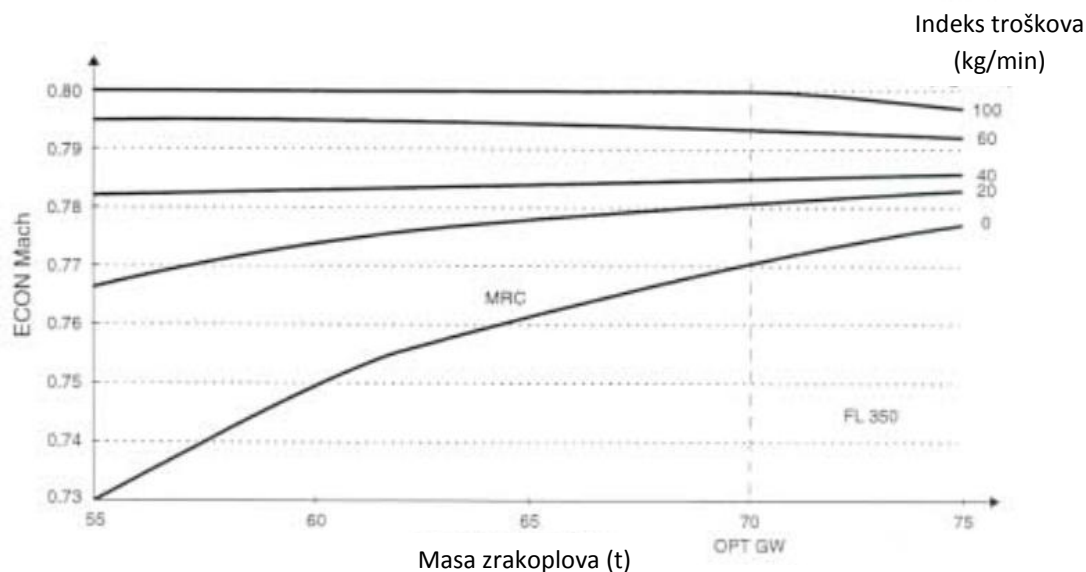


Grafikon 4: Ovisnost ECON Macha o indeksu troškova i razini leta pri konstantnoj masi zrakoplova
Izvor: [3]

Pri letu s visokim vrijednostima indeksa troškova i konstantnoj masi zrakoplova brzina će uglavnom biti konstantna unutar šireg spektra razina leta. S druge strane pri letu s nižim vrijednostima indeksa troškova utjecaj razine leta na brzinu zrakoplova se povećava.³⁶

³⁶ Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str.40

Na grafikonu 5 je prikazan utjecaj indeksa troškova na brzinu u krstarenju pri konstantnoj razini leta.



Grafikon 5: Ovisnost ECON Macha o indeksu troškova i masi zrakoplova pri konstantnoj razini leta

Izvor: [3]

Pri letu s niskim vrijednostima indeksa troškova, na određenoj razini leta, brzina u krstarenju značajno raste s povećanjem mase zrakoplova.³⁷ S druge strane za visoke vrijednosti indeksa troškova ECON Mach ostaje približno linearan.

Letenje po indeksu troškova ima prednosti od letenja po Machovom broju jer se konstantno leti optimalnim Machovim brojem. Letenje po tzv. ECON modu omogućuje manju potrošnju goriva u odnosu na let u modu sa selektiranim Machovim brojem.³⁸ Usporedba ova dva moda letenja vidljiva je u tablici 5.

³⁷Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str.55

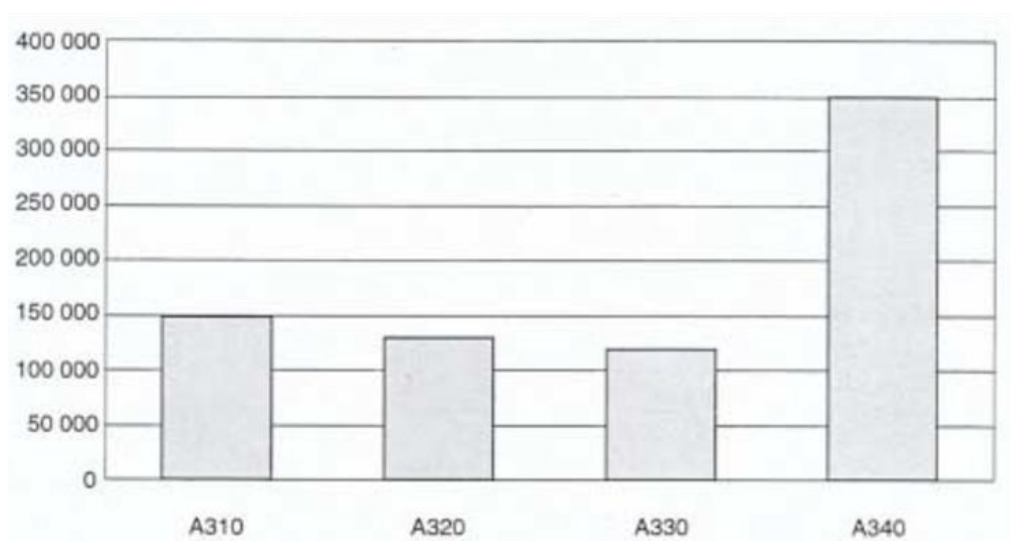
³⁸Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str.55

Tablica 5: Usporedba parametara leta u ECON modu po indeksu troškova i u modu s selektiranim Machovim brojem za zrakoplov A320

Model zrakoplova (Masa u polijetanju)	Dolet (NM)	Način krstarenja	Trip fuel (kg)	Vrijeme leta	Ušteda goriva (kg)
A320-211 (65 t)	1000	CI = 30	5830	2h 22min	30
		MACH 0.78	5860		

Izvor: [3]

Vidljivo je da ušteda goriva prilikom leta po ECON modu nije značajna analizirajući jedan let. Ako se razmotri ušteda za cijelu flotu od deset zrakoplova s dnevnim naletom od deset sati, ušteda na godišnjoj razini za zrakoplov A320 iznosit će oko 125 000 US\$, dok je za zrakoplov A340 ušteda 350 000 US\$ (grafikon 6).



Grafikon 6: Grafički prikaz godišnje uštede za flotu od deset zrakoplova s dnevnim naletom od deset sati

Izvor: [3]

6.1. OPTIMALNA RAZINA LETA

Optimalna razina leta (*Optimum Flight Level – OPT FL*) označava najekonomičniju razinu leta za zadani indeks troškova, masu zrakoplova i meteorološke uvjete. Potrošnja goriva tijekom leta dovodi do smanjenja mase zrakoplova što rezultira povećanjem optimalne razine leta. Let na optimalnoj razini značio bi let s konstantim blagim penjanjem. Da bi se osigurala vertikalna separacija zrakoplova kontrola zračne plovidbe (*Air Traffic Control - ATC*) zahtjeva let na točno definiranoj razini. Kompromis između zahtjeva kontrole zračne plovidbe i zračnih prijevoznika, kojima je cilj smanjenje troškova, ostvaren je tzv. *Step climb* letom. Step climb omogućava let na razini do 2000 ft od optimalne razine leta. Takav let pruža 99 % maksimalnog doleta.

S druge strane, povećanjem razine leta povećava se potrebni potisak za zadanu brzinu. Razina leta pri kojoj potisak dostiže maksimalnu vrijednost u krstarenju se naziva maksimalna razina leta.³⁹ Maksimalna razina leta je razina koja osigurava minimalni gradijent penjanja od 300 ft/min pri potisku za maksimalno penjanje, te pravocrtni let pri potisku za maksimalnu brzinu u krstarenju. Optimalna i maksimalna razina leta izračunavaju se preko FMS-a. Za zrakoplov *Airbus A320* razlika između optimalne i maksimalne razine leta je oko 3000 ft.⁴⁰

Brojni su parametri koji utječu na odabir razine leta (meteorološki uvjeti, zahtjevi kontrole zračnog prometa i sl.). Pri odabiru razine leta u krstarenju nužno je uzeti u obzir:

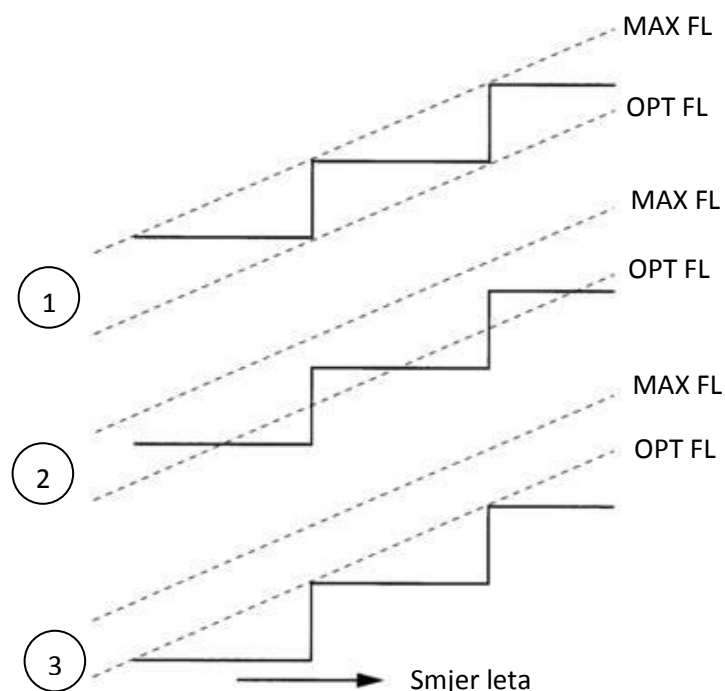
- ✈ upravljivost,
- ✈ udobnost,
- ✈ ekonomičnost.⁴¹

³⁹Oxford Aviation Academy (UK): *ATPL Ground Training Series – Flight Performance & Planing I*, fourth edition, Transair, Shoreham, England, 2008., str. 428 i 429

⁴⁰Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str.52

⁴¹Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str.27

Na slici 9 su prikazana 3 slučaja odabira razine krstarenja.



Slika 9: Primjeri odabrane razine krstarenja

Izvor: [3]

Primjer broj 1 ne pruža udobnost niti ekonomičnost. Let iznad optimalne razine leta je opravdan jedino u slučaju kada to zahtijevaju meteorološki uvjeti ili zbog operativnih razloga. Primjer broj 3 prikazuje let ispod optimalne razine leta. Let na toj razini pruža najbolje uvjete za upravljivost zrakoplova, ali najekonomičnija razina leta jeste optimalna razina (primjer broj 2). Letenje visinama bliže optimalnoj razini leta je potrebno ako se želi potrošnju goriva svesti na minimum, što će utjecati na smanjenje ukupnih troškova leta.⁴²

6.2. IZMJENA INDEKSA TROŠKOVA TIJEKOM LETA

Velika je vjerojatnost da izmjene indeksa troškova tijekom leta neće biti potrebne, ali postoje slučajevi gdje je to nužno.

⁴²Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str.28

Izmjene indeksa troškova u slučaju promjena vjetra u odnosu na onaj vjetar koji je planiran su rijetke. FMS unaprijed računa brzinu zrakoplova u odnosu na zemlju, tj. uzima u obzir vjetar, pri izračunu ECON Mach. Indeks troškova se treba izmijeniti u letu ako dođe do velikih promjena vjetra,olikih da mogu dovesti do kašnjenja na letovima s presjedanjem. Promjene indeksa troškova tijekom leta bi trebalo izvesti tek nakon procjene potrebnog goriva na sekundarnom planu leta u FMS-u s novim indeksom troškova.⁴³

Izmjena indeksa troškova u slučaju problema s potrošnjom goriva je najčešći razlog izmjene. Potrošnju goriva moguće je smanjiti korekcijom vrijednosti indeksa troškova. U slučajevima promjene rute iz bilo kojih razloga može doći do pomanjkanja goriva, a time i do neplaniranog slijetanja radi uzimanja dodatnog goriva što može prouzročiti nepotrebne troškove. Preciznom kalkulacijom potrošnje goriva u odnosu na količinu potrebnu za obavljanje sigurnog leta piloti mogu promjenom indeksa troškova znatno utjecati na optimizaciju ne dovodeći u pitanje sigurnost leta. Odabir vrijednosti indeksa troškova $CI=0$ je optimalan način izbjegavanja pomanjkanja goriva i neplaniranog slijetanja.⁴⁴

Zračni prijevoznici su analizirajući kraće letove došli do zaključka da zadani indeks troškova može utjecati na sigurnost kabinskog osoblja i udobnost putnika. Povećanje brzine leta može rezultirati izvršenjem završne faze servisa u razdoblju kada sigurnost kabinskog osoblja može biti ugrožena, a kvaliteta usluge smanjena. Zbog kraćeg vremena leta ne mogu se izvršiti sve usluge do onog stupnja udobnosti putnika do kojeg bi to prema standardima bilo potrebno. Raniji dolazak na destinaciju može imati za posljedicu *holding* ili povećanje vremena čekanja na parkirnu poziciju na stajanci. Navedeni razlozi pružaju slobodu pilotu da tijekom leta promijeni prethodno zadanu vrijednost indeksa troškova te time omogući optimizaciju letenja koja dovodi do najvećih ušteda resursa.⁴⁵

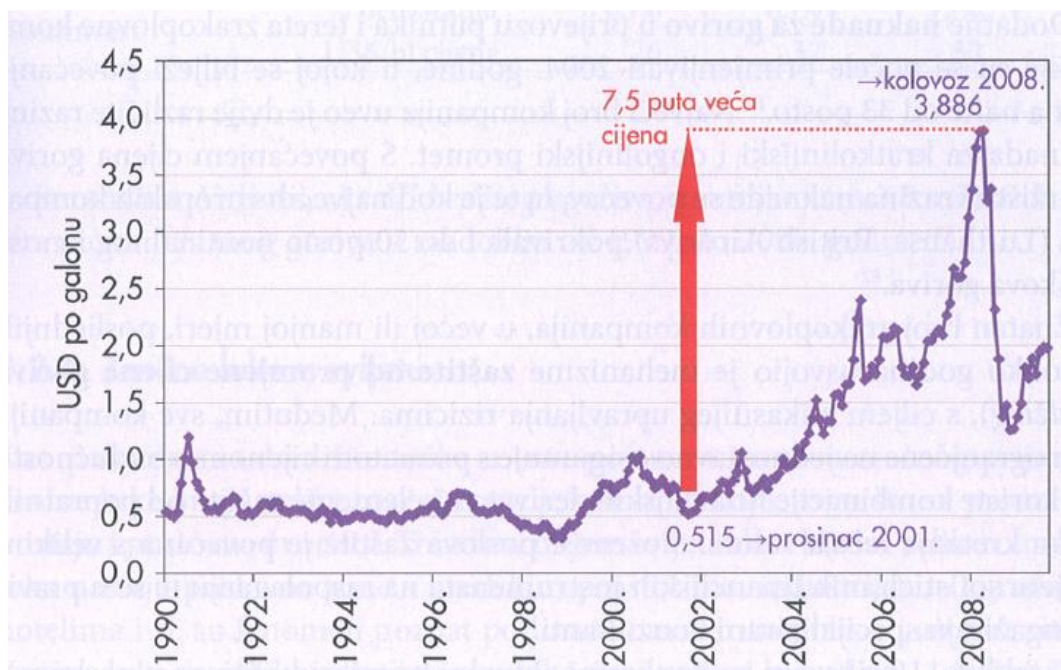
⁴³Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str.58

⁴⁴Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998., str. 58 i 59

⁴⁵Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 391

7. ANALIZA PARAMETARA LETA S OBZIROM NA PROMJENE CIJENA GORIVA

Cijene goriva na tržištu znatno variraju tijekom godine, mjeseca, pa čak i tijekom tjedna. Na grafikonu 7 vidljivo je povećanje cijena mlaznog goriva za preko 7,5 puta u razdoblju manjem od sedam godina.



Grafikon 7: Mjesečno kretanje cijena mlaznog goriva na tržištu SAD-a u razdoblju od 1990. do 2009. godine

Izvor: [1]

Godine 2008. cijena mlaznog goriva približila se razini od trećine (31,9 %) ukupnih operativnih troškova. Zračni prijevoznici su smanjenjem vremenski ovisnih troškova u tom razdoblju djelomično smanjili utjecaj povećanja cijena goriva na njihovo poslovanje.⁴⁶

Pri analizi parametara leta s obzirom na promjene cijena goriva uzeti su podaci o cijenama goriva na letovima *Croatia Airlinesa* za dan 12. 6. 2015. i 13. 6. 2016. Pregled cijena goriva prikazan je u tablici 6.

⁴⁶Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 87 i

Tablica 6: Pregled cijena goriva i vrijednosti indeksa troškova na letovima *Croatia Airlinesa* za 12. 6. 2015. i 13. 6. 2016. godine

Indeks troškova na letovima CTN-a za dan 12. 6. 2015.				Indeks troškova na letovima CTN-a za dan 13. 6. 2016.			
Domaći promet iz:	Cijena goriva [EUR/kg]	Indeks troškova za A319	Indeks troškova za A320	Domaći promet iz:	Cijena goriva [EUR/kg]	Indeks troškova za A319	Indeks troškova za A320
ZAG	0.61	31	34	ZAG	0.48	42	44
SPU	0.61	31	34	SPU	0.50	41	43
DBV	0.62	30	33	DBV	0.51	40	42
PUY	0.61	31	34	PUY	0.50	40	42
ZAD	0.61	31	34	ZAD	0.50	40	42
Međunarodni promet iz Hrvatske iz:	Cijena goriva [EUR/kg]	Indeks troškova za A319	Indeks troškova za A320	Međunarodni promet iz Hrvatske iz:	Cijena goriva [EUR/kg]	Indeks troškova za A319	Indeks troškova za A320
ZAG	0.61	31	34	ZAG	0.48	42	44
SPU	0.61	31	34	SPU	0.50	41	43
DBV	0.62	30	33	DBV	0.51	40	42
PUY	0.61	31	34	PUY	0.50	40	42
ZAD	0.61	31	34	ZAD	0.50	40	42
Međunarodni promet Hrvatsku iz:	Cijena goriva [EUR/kg]	Indeks troškova za A319	Indeks troškova za A320	Međunarodni promet Hrvatsku iz:	Cijena goriva [EUR/kg]	Indeks troškova za A319	Indeks troškova za A320
AMS	0.59	32	35	AMS	0.47	43	45
ATH	0.62	31	33	ATH	0.49	41	43
BCN	0.58	32	35	BCN	0.43	47	49
BRU	0.60	32	34	BRU	0.43	47	49
CDG	0.60	32	34	CDG	0.47	43	45
CPH	0.59	32	35	CPH	0.44	46	49
DUB	0.60	31	34	DUB	0.41	50	52
DUS	0.60	32	35	DUS	0.46	44	46
FCO	0.58	33	36	FCO	0.46	44	46
FRA	0.58	32	35	FRA	0.45	45	47
LGW	0.62	31	33	LGW	0.50	40	42
LYS	0.64	29	32	LYS	0.52	39	41
LHR	0.59	32	35	LHR	0.47	43	45
MUC	0.61	31	34	MUC	0.46	44	46
PRN	0.91	21	23	PRN	0.78	26	27
SJJ	0.75	25	27	SJJ	0.62	32	34
SKP	0.82	23	25	SKP	0.71	29	30
TLV	0.56	34	37	TLV	0.48	42	44
VIE	0.63	30	33	VIE	0.49	41	43
ZRH	0.65	29	32	ZRH	0.52	39	41

Izvor: *Croatia Airlines* – Služba kontrolinga

Iz tablice je vidljivo da je optimalna vrijednost indeksa troškova za let OU 410 (Zagreb – Frankfurt) 12. 6. 2015. iznosila 34, dok je za isti let godinu dana kasnije, 13. 6. 2016.,

vrijednosti indeksa troškova povećana na 44. Razlog promjene vrijednosti indeksa troškova je smanjenje cijene goriva u Zagrebu za više od 21 %. Promjena u cijeni goriva, a time i u vrijednosti indeksa troškova, vidljiva je i za povratni let OU 417 (Frankfurt – Zagreb) gdje je cijena goriva u Frankfurtu s 0,58 EUR/kg u razmaku od godinu dana smanjena na 0,45 EUR/kg.

Za let OU 417 (13. 6. 2016.) određena je optimalna vrijednost indeksa troškova 47, dok je u OFP kojeg su dobili piloti (slika 10) zadana manja vrijednost indeksa troškova 42. Točan razlog smanjenja vrijednosti indeksa troškova nije poznat. Pretpostavka je da je vrijednost indeksa troškova smanjena kako bi zračni prijevoznik dodatno uštedio na potrošnji goriva, jer su vremenski ovisni troškovi za taj dan bili nešto manji.

OU 417/13 JUN/FRA-ZAG							Page 1
[OFP]							
OFP	OU417/13	13JUN	EDDF/ FRA	LDZA/ ZAG	ELEVATION	353	
7	9ACTJ (100.0)		0805/0821	0920/0930	EMS		
		EST	0805/0821	0928/0938	COST INDEX	42	
		CTOT	....		ROUTE	MCT/R	
ATS C/S	CTN9HR	ACT	..../....	..../....	TTL DIST	436	
					SPEED	ECON	
	LOAD	ZFW	ADDFU	LW	TOW	AVGE FF	2600
EST	15000	58658	4500L	MAL	64500	73500	AVGE WC
PLN	15000	58658	1660L	PLN	63273	66174	P011
ACT	.....	.....					TKOF ALTN
FLIGHT PLAN ROUTE							
-EDDF/18 F370 NOMBO7S NOMBO Y161 MAH/F370 Y161 MUN UL173 EBEDA UL603							
LATLO/F350 UL603 TEDRA UL172 DOL Z300 ARGOM ARGOM2A LDZA/05							

Slika 10: Operativni plan leta za let OU 417 (Frankfurt – Zagreb) na dan 13. 6. 2016.

Izvor: Croatia Airlines

Ako se cijena goriva u mjestu polijetanja razlikuje u odnosu na mjesto slijetanja zračni prijevoznici mogu uštedjeti značajna sredstva politikom tankeringa. Na dužim rutama ponekad je isplativo i međuslijetanje ako je cijena goriva u mjestu međuslijetanja toliko niža da će troškovi vremena biti manji nego što su troškovi goriva. Pri tome treba uzeti u obzir i činjenicu da će prijevoz dodatne količine goriva rezultirati povećanjem mase što dovodi do

veće potrošnje goriva tako da se 3 – 5 % dodatno prevezenog goriva utroši zbog povećane ukupne mase zrakoplova.⁴⁷

Međunarodna udruga za zračni prijevoz (*International Air Transport Association – IATA*) navodi devet područja u kojima zrakoplovne kompanije mogu poboljšati učinkovitost goriva na kraći rok:

1. Taksiranje najučinkovitijim putem,
2. Letenje zrakoplovom koji je za određeni sektor najučinkovitiji glede potrošnje goriva,
3. Letenje najučinkovitijom rutom,
4. Letenje brzinom koja je najefikasnija glede potrošnje goriva,
5. Letenje na visini koja je najefikasnija,
6. Maksimiziranje popunjenosti zrakoplova,
7. Minimiziranje goriva za siguran završetak leta,
8. Minimiziranje broja neprofitnih letova,
9. Održavanje čistoće i efikasnosti trupa i motora zrakoplova.⁴⁸

⁴⁷Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012., str. 12 i 13

⁴⁸Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012., str. 87

8. ZAKLJUČAK

Zračni prijevoznici analizom podataka o letu dolaze do informacija o ukupnim troškovima leta. Analiziraju se podaci dobiveni pri planiranju leta, tijekom leta, podaci dobiveni pri održavanju i tehničkim pregledima zrakoplova. Kada izračuna ukupni trošak zračni prijevoznik može odrediti optimalnu vrijednost indeksa troškova za njegove zrakoplove za svaki let posebno.

U slučajevima kada je zračnom prijevozniku u interesu da zrakoplov što prije stigne na odredište kako bi mogao nastaviti drugi let, tj. da iskorištenje zrakoplova bude maksimalno, koriste se veće vrijednosti indeksa troškova. S druge strane, pri većim cijenama goriva zračni prijevoznik će nastojati smanjiti brzinu zrakoplova, odnosno potrošnju goriva, a to će postići letom s manjim vrijednostima indeksa troškova.

Let prema određenom indeksu troškova primjenjiviji je na dužim rutama. Čak i nakon preciznih analiza svih vrsta troškova preporuka je, posebice za kraće rute, da se vrijednost indeksa troškova korigira na temelju pilotskog iskustva te tako osigura ušteda resursa zračnog prijevoznika. Kao najvažniji kriterij u određivanju vrijednosti indeksa troškova ne smije se zaboraviti sigurnost leta.

POPIS LITERATURE

- [1] Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, MATE d.o.o., Zagreb, 2012.
- [2] Opačak, M.: *Upravljanje potrošnjom goriva zrakoplova s ciljem smanjenja indeksa troškova* [magistarski znanstveni rad], Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2012.
- [3] Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with cost index*, issue II, Customer Services, Blagnac, France, 1998.
- [4] Cook, A., Tanner, G., Williams, V., Meise, G.: *Dynamic Cost Indexing*, 6th EUROCONTROL Innovative Research Workshops & Exhibition, 4 – 6 December 2007., EUROCONTROL Experimental Centre, Brétigny sur Orge, France, 2007.
- [5] Oxford Aviation Academy (UK): *ATPL Ground Training Series – Flight Performance & Planning I*, fourth edition, Transair, Shoreham, England, 2008.
- [6] Airbus, Flight operations support and line assistance: *Getting to grips with aircraft performance*, Customer Services, Blagnac, France, January 2002.
- [7] Roberson, B.: *Fuel Conservation Strategies – Cost Index Explained*, Aero Quarterly, 2007.,
http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/AERO_Q207_article5.pdf. Pristupljeno: 8. 1. 2015.
- [8] Croatia Airlines: *Izrada cost indexa PO-KIR-012*, Croatia Airlines, Zagreb, 2013.
- [9] Airbus: *A318/A319/A320/A321 Flight crew operating manual*, Airbus S.A.S. Customer Services Directorate, Blagnac, France, 2012.

POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1: Raspon performansi zrakoplova između Cl_0 i Cl_{MAX}	8
Slika 2: Grafički prikaz parametara indeksa troškova u ekstremnim slučajevima.....	11
Slika 3: Dijagram postupka izrade indeksa troškova.....	12
Slika 4: Pregled vrijednosti indeksa troškova na letovima <i>Croatia Airlinesa</i>	13
Slika 5: Operativni plan leta za let OU 410 (Zagreb – Frankfurt) na dan 12. 6. 2015.	14
Slika 6: Profil penjanja zrakoplova pri različitim vrijednostima indeksa troškova.....	19
Slika 7: Profil spuštanja zrakoplova pri različitim vrijednostima indeksa troškova	21
Slika 8: Prikaz brzine zrakoplova na upravljačkoj jedinici FMS sustava za vrijednost indeksa troškova: a) $CI = 34$ i b) $CI = 14$	23
Slika 9: Primjeri odabrane razine krstarenja.....	29
Slika 10: Operativni plan leta za let OU 417 (Frankfurt – Zagreb) na dan 13. 6. 2016.	33

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Udio troškova goriva u ukupnim operativnim troškovima od 1966. do 2001. godine.....	6
Grafikon 2: Funkcija ukupnih troškova i indeksa troškova pri fiksnoj cijeni goriva za zrakoplov A320.....	15
Grafikon 3: Funkcija ukupnih troškova i indeksa troškova pri fiksnim troškovima vremena za zrakoplov A320.....	16
Grafikon 4: Ovisnost ECON Macha o indeksu troškova i razini leta pri konstantnoj masi zrakoplova	25
Grafikon 5: Ovisnost ECON Macha o indeksu troškova i masi zrakoplova pri konstantnoj razini leta	26
Grafikon 6: Grafički prikaz godišnje uštede za flotu od deset zrakoplova s dnevnim naletom od deset sati	27
Grafikon 7: Mjesečno kretanje cijena mlaznog goriva na tržištu SAD-a u razdoblju od 1990. do 2009. godine.....	31

POPIS TABLICA

Tablica 1: Vrijednosti indeksa troškova za modele zrakoplova Boeing	10
Tablica 2: Indeks troškova za zrakoplove A319/A321 (kg/min).....	17
Tablica 3: Utjecaj indeksa troškova na parametre penjanja za zrakoplov A320	20
Tablica 4: Utjecaj indeksa troškova na parametre spuštanja za zrakoplov A320.....	22
Tablica 5: Usporedba parametara leta u ECON modu po indeksu troškova i u modu s selektiranim Machovim brojem za zrakoplov A320.....	27
Tablica 6: Pregled cijena goriva i vrijednosti indeksa troškova na letovima <i>Croatia Airlinesa</i> za 12. 6. 2015. i 13. 6. 2016. godine	32

METAPODACI

Naslov rada: Utjecaj ekonomskih čimbenika na izbor parametara leta zrakoplova

Student: Sara Pecirep

Mentor: mr. sc. Davor Franjković

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Impact of Economic Factors on the Choice of Aircraft Flight Parameters

Povjerenstvo za obranu:

- izv. prof. dr. sc. Doris Novak predsjednik
- mr. sc. Davor Franjković mentor
- dr. sc. Karolina Krajček Nikolić član
- doc. dr. sc. Anita Domitrović zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za Aeronautiku

Vrsta studija: Preddiplomski

Studij: Aeronautika

Datum obrane završnog rada: 5. 7. 2016.

Napomena: pod datum obrane završnog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.



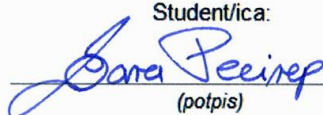
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada
pod naslovom Utjecaj ekonomskih čimbenika na izbor parametara leta zrakoplova

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 16.6.2016

Student/ica:

(potpis)